

EUROPEAN PATENT OFFICE

T-218
15/231324

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001118588
PUBLICATION DATE : 27-04-01

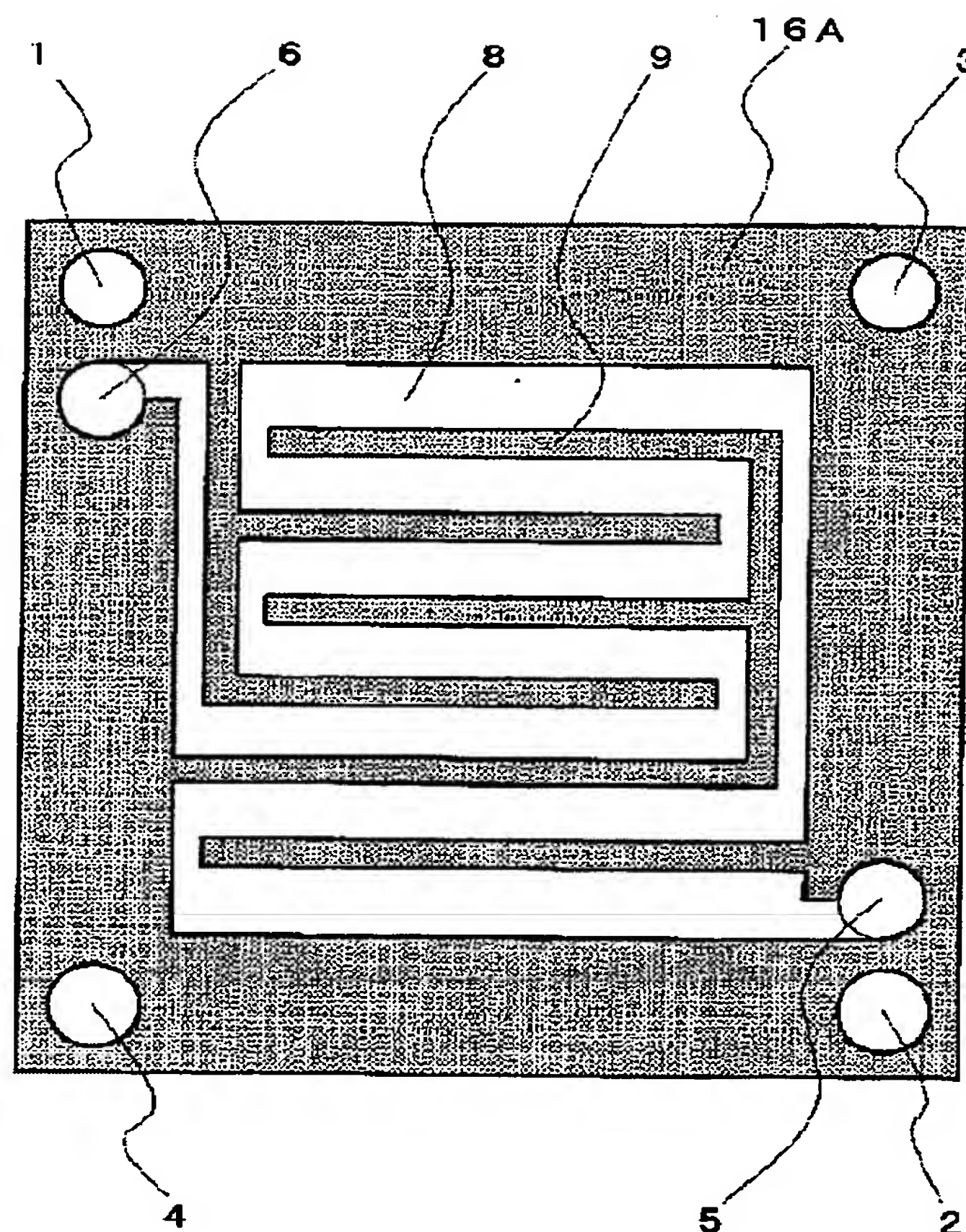
APPLICATION DATE : 15-10-99
APPLICATION NUMBER : 11293417

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : AOKI MAKOTO;

INT.CL. : H01M 8/02 H01M 8/10

TITLE : SOLID POLYMER ELECTROLYTE
TYPE FUEL CELL



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide stable operation without causing a deterioration of cell property, even in the case of operation without humidification.

SOLUTION: When a fuel gas introduced via a fuel gas inlet manifold 1 and an oxidizer gas introduced via an oxidizer gas inlet manifold 4 is made to flow opposing to each other, a cooling water supplied from a cooling water inlet manifold 5 flows into a groove 8 for passing gas located at its lower part and then into the groove 8 for passing gas located at its upper part and finally flows into its central part to exhaust it from a cooling water manifold. Accordingly, the temperature of the central part is get higher than that of the vicinity of the inlet and outlet of the fuel gas and oxidizer gas.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE LEFT BLANK

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-118588

(P2001-118588A)

(43) 公開日 平成13年4月27日 (2001. 4. 27)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターム(参考)

H 0 1 M 8/02

H 0 1 M 8/02

C 5 H 0 2 6

8/10

8/10

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-293417

(22) 出願日

平成11年10月15日 (1999. 10. 15)

(71) 出願人

000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者

高野 洋

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者

青木 信

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人

100088339

弁理士 篠部 正治

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC03 CC08 CC10 HH00

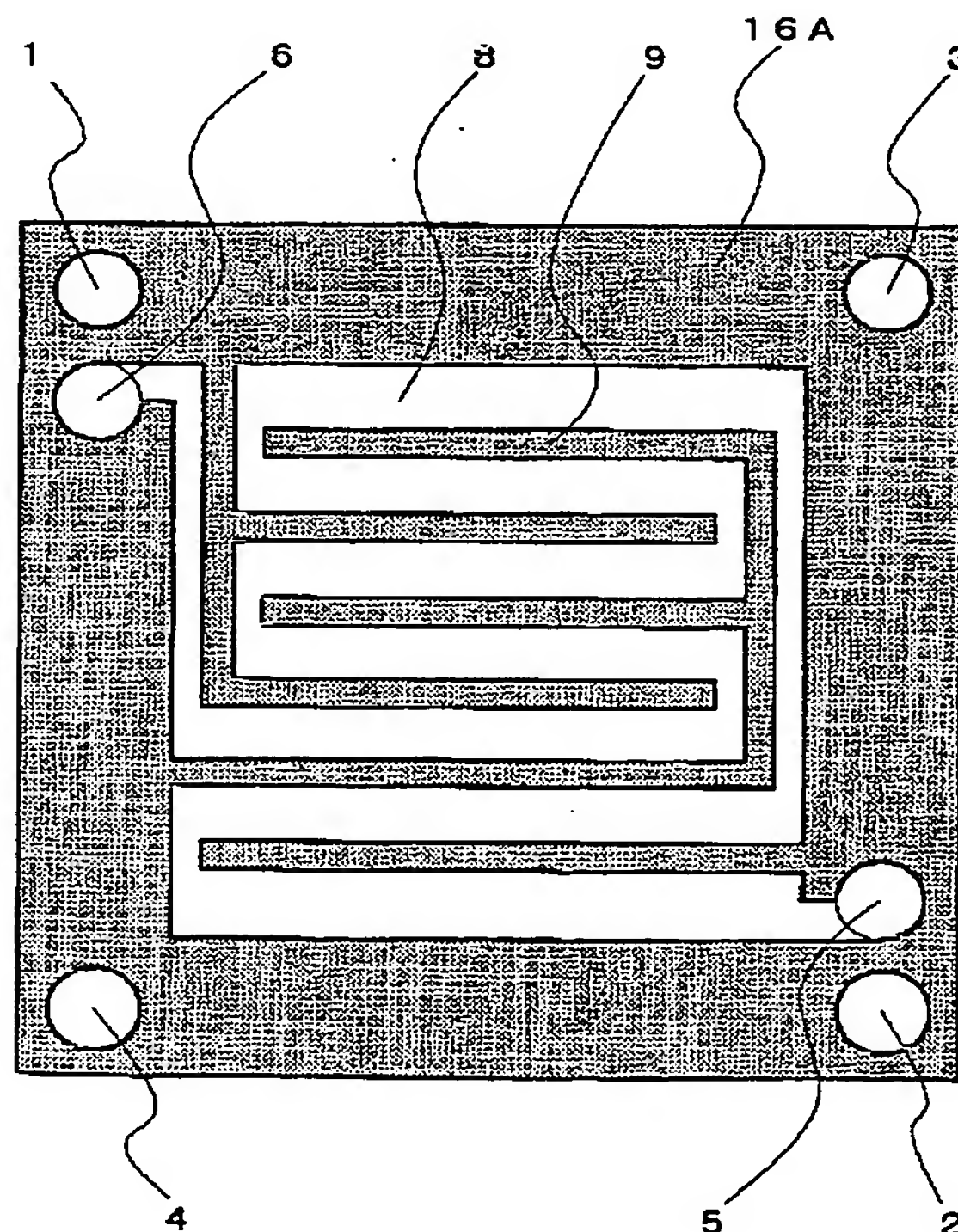
HH02

(54) 【発明の名称】 固体高分子電解質型燃料電池

(57) 【要約】

【課題】無加湿運転においてもセル特性の低下を引き起こすことなく安定して運転できるものとする。

【解決手段】燃料ガス入口マニホールド1を通して導入される燃料ガスと酸化剤ガス入口マニホールド4を通して導入される酸化剤ガスが互いに対向して流れるものにおいて、冷却水入口マニホールド5より供給した冷却水を下部のガス通流溝8を流したのち上部のガス通流溝8を流し、最後に中央部に流して冷却水出口マニホールドより排出する。これにより中央部の温度を、燃料ガス、酸化剤ガスの入口部および出口部近傍の温度より高くする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】電解質膜の両面に高分子電解質を含む触媒層と多孔質の拡散層からなる電極を配置して膜電極接合体を構成し、ガス通流路を備えたアノード側セパレータとカソード側セパレータによって前記膜電極接合体を挟持してセルを構成し、アノード側セパレータのガス通流路に加湿しない燃料ガスを、また、カソード側セパレータのガス通流路に加湿しない酸化剤ガスを互いに対向して通流し、運転する固体高分子電解質型燃料電池において、

中央部の温度が、端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなるように、カソード側セパレータとアノード側セパレータのうち少なくともいずれか一つのセパレータの背面に冷却水の通流路が形成されていることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項2】冷却水が、端部に配された燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍を通流したのち、セパレータの中央部を通流して排出されるように、前記の冷却水の通流路が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項3】冷却水が、端部に配された燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍のみを通流して排出されるように、前記の冷却水の通流路が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項4】電解質膜の両面に高分子電解質を含む触媒層と多孔質の拡散層からなる電極を配置して膜電極接合体を構成し、ガス通流路を備えたアノード側セパレータとカソード側セパレータによって前記膜電極接合体を挟持してセルを構成し、アノード側セパレータのガス通流路に加湿しない燃料ガスを、また、カソード側セパレータのガス通流路に加湿しない酸化剤ガスを互いに対向して通流し、運転する固体高分子電解質型燃料電池において、

それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスの中央部の流速が、それぞれのセパレータの端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍の流速に比べて速くなるように、ガス通流路が形成されていることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項5】それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍のガス通流路が、並列接続された複数本の通流溝より構成され、その本数が同一流路断面積を有する通流溝からなるセパレータの中央部のガス通流路の通流溝の本数より多いことを特徴とする請求項4に記載の固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項6】それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスのガス通流路が直列接続された複数本の通流

溝より構成され、燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍の通流溝の流路断面積に比べてセパレータの中央部の通流溝の流路断面積が小さいことを特徴とする請求項4に記載の固体高分子電解質型燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体高分子電解質型燃料電池、特に冷却水、および反応ガスの通流構造に関する。

【0002】

【従来の技術】図7は、一般的な固体高分子電解質型燃料電池の基本構成を示す分解斜視図である。プロトン導電性のある電解質膜12の両面に電極13が形成された膜電極接合体(MEA: Membrane Electrode Assembly)14を中心にして、その両面の外側に拡散層15を配置し、さらにその外側に、拡散層15に面して燃料ガスのガス通流路を備えたアノード側セパレータ16と、同じく拡散層15に面して酸化剤ガスのガス通流路を備えたカソード側セパレータ17を配置してセルが構成されている。なお、単一のセルのみでは得られる電圧が低いので複数個のセルを積層して用いるのが通例である。拡散層15は、各セパレータのガス通流路に流される燃料ガス、あるいは酸化剤ガスを膜電極接合体14の電極13へと通過させるとともに、発電反応により得られる電流を外部に伝える役割を果たす。アノード側セパレータ16とカソード側セパレータ17は電流を集電する役割を果たすとともに、上述のごとく、拡散層15に面して備えたガス通流路を介して燃料ガスあるいは酸化剤ガスを供給する役割を果たす。また、アノード側セパレータ16とカソード側セパレータ17のうちの少なくとも一方のセパレータのガス通流路を備えた面の反対側の面には冷却水通流路が備えられており、発電反応に伴う発熱を除去し所定の温度に維持するために冷却水が通流される。

【0003】なお、平板状のアノード側セパレータ16とカソード側セパレータ17と電解質板12の端部に設けられた4個の貫通孔は、燃料ガスと酸化剤ガスの供給用および排出用のマニホールドである。酸化剤ガス(この場合、空気を使用)は、図に見られるごとく、一端に配された酸化剤ガス入口マニホールド4よりカソード側セパレータ17のガス通流路へと導入され、図中の上方より下方へと流れ、相対する一端に設けられた酸化剤ガス出口マニホールド3へと達して排出される。一方、燃料ガス(一般に、水素が使用される)は、燃料ガス入口マニホールド1よりアノード側セパレータ16の図示しないガス通流路へと導入され、図中の下方より上方へと流れ、相対する一端に設けられた燃料ガス出口マニホールド2より排出される。したがって、酸化剤ガスと燃料ガスは各セパレータを対向流として流れる構成である。

また、アノード側セパレータ16とカソード側セパレータ17と電解質板12の燃料ガス出口マニホールド2および燃料ガス入口マニホールド1の近傍に設けられた貫通孔は、冷却水の供給用および排出用のマニホールドで、それぞれ冷却水入口マニホールド5、および冷却水出口マニホールド6である。

【0004】

アノード極において： $2\text{H} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ (1)

カソード極において： $(1/2)\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (2)

式(2)に見られるように、上記の反応においてはカソード極で水が生成するので、生成した水が電極や拡散層の細孔に浸透する、いわゆる“電極の濡れ”が生じ、ガス拡散性が低下してセル特性の低下を引き起こす恐れがある。

【0006】一方、固体高分子電解質型燃料電池においては、高分子電解質膜のプロトン導電性が反応ガスの湿度に著しく依存するので、反応ガスの湿度が低すぎると、高分子電解質膜が乾燥して膜抵抗が増大し、セル特性の低下を引き起こすこととなる。このため、電極の湿潤状態を適切に保持するために、反応ガスを加湿器等の加湿手段により加湿して供給する方式が検討されている。しかしながら、このように加湿器等の加湿手段を用いることとすれば、固体高分子電解質型燃料電池が大型化し、システムとしての発電効率が低下することとなる。

【0007】このため、反応ガスを加湿しないで固体高分子電解質型燃料電池を運転する無加湿運転が試みられており、例えば高分子電解質膜を薄膜化する方法、あるいはアノードとカソードに供給する反応ガスを互いに反対方向に通流させる、いわゆる対向流とする方法等が試みられている。

【0008】本発明は、上記のごとき技術の現状を考慮してなされたもので、その目的は、電池反応により生成された水による電極の濡れが抑制され、かつ無加湿運転においてもセル特性の低下を引き起こすことのない、発電効率がよく小型化の可能な固体高分子電解質型燃料電池を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明においては、電解質膜の両面に高分子電解質を含む触媒層と多孔質の拡散層からなる電極を配置して膜電極接合体を構成し、ガス通流路を備えたアノード側セパレータとカソード側セパレータによって前記膜電極接合体を挟持してセルを構成し、アノード側セパレータのガス通流路に加湿しない燃料ガスを、また、カソード側セパレータのガス通流路に加湿しない酸化剤ガスを互に対向して通流し、運転する固体高分子電解質型燃料電池において、(1)中央部の温度が、端部に設けられた燃料ガス、あるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなるように、カソード側セパレー

【発明が解決しようとする課題】上記のごとき固体高分子電解質型燃料電池においては、電極13の触媒層において以下のごとき反応が生じることによって、電気の取り出しが可能になる。

【0005】

【化1】

タとアノード側セパレータのうち少なくともいずれか一つのセパレータの背面に冷却水の通流路を形成することとし、(2)例えば、(1)の冷却水の通流路を、冷却水が、端部に配された燃料ガス、あるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍を通流したのち、セパレータの中央部を通流して排出されるように形成することとする。あるいは、冷却水が、端部に配された燃料ガス、あるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍のみを通流して排出されるように形成することとする。

【0010】(3)または、それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスの中央部の流速が、端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍の流速に比べて速くなるようにガス通流路を形成することとし、(4)例えば、(3)のガス通流路を、それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍のガス通流路を並列接続された複数本の通流溝より構成し、その本数を同一流路断面積を有する通流溝からなるセパレータの中央部のガス通流路の通流溝の本数より多くすることとする。あるいは、それぞれのセパレータの燃料ガスあるいは酸化剤ガスのガス通流路を直列接続された複数本の通流溝より構成し、燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍の通流溝の流路断面積に比べてセパレータの中央部の通流溝の流路断面積を小さくすることとする。

【0011】固体高分子電解質型燃料電池の無加湿運転においては、加湿して運転した場合に比較して著しく特性が低下するのが一般的であり、加湿しないがために電極が乾燥し、電解質膜の抵抗が高くなることが原因と考えられてきた。

【0012】本発明者は、燃料ガスと酸化剤ガスを互に対向流として供給する方式の固体高分子電解質型燃料電池を無加湿運転した場合に生じる電池特性の低下の原因を調べるために、図8に示したごとく、電極面積が 10 cm^2 の10個の小型のセルを電氣的に並列に接続し、燃料ガスと酸化剤ガスのガスの流れを直列に接続した電池において、各セルの間のガス流の中に露点計を設置して反応ガスの湿度を測定した。その結果によれば、反応ガスの湿度は、ガス入口部<ガス出口部<100%(飽和状態)<中央部となっており、無加湿運転であっても、中央部においては電池反応が進行し、反応に伴う生成水によって濡れ状態となっていることがわかる。すなわち、

燃料ガスと酸化剤ガスを互いに対向流として供給する方式の固体高分子電解質型燃料電池においては、無加湿運転であっても中央部のセルが濡れ状態となり、特性が低下する。したがって、実用に供される寸法のセルにおいて、セパレータに備えられた均一流路に燃料ガスと酸化剤ガスを互いに対向流として供給すれば、無加湿運転であっても中央部は濡れ状態となって特性が低下するものと考えられる

したがって、固体高分子電解質型燃料電池を上記の

(1)のごとく、セパレータの中央部の温度が、端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなるように、少なくともいずれか一方のセパレータの背面に冷却水の通流路を形成することとし、例えば(2)のごとく形成すれば、温度が上昇することによって飽和水蒸気量が高まるので中央部の濡れ状態が緩和される。また、入口部および出口部においては、温度の低下により飽和水蒸気量が低下し、乾燥度が下がることとなる。

【0013】また、上記の(3)のごとく、それぞれのセパレータの端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍の流速に比べて、それぞれのセパレータの中央部の流速が速くなるようにガス通流路を形成することとし、例えば(4)のごとく形成すれば、中央部の流速が速くなることによって、濡れ状態の進行により生じる水滴がガスの流れとともに除去されることとなるので、ガス通流路が付着した水滴によって閉塞する危険性が回避され、反応ガスは所定の圧力損失で均等に通流し、かつガスの拡散性が維持される。したがって、特性の低下が抑制され、安定して運転できることとなる。

【0014】

【発明の実施の形態】<実施例1>図1は、本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第1の実施例に組み込まれたセパレータの冷却水通流路の構成を示す平面図で、アノード側セパレータ16Aのガス通流路の裏面に備えられた冷却水通流路の形態を示すものである。

【0015】図において、1, 2, 3, 4は、それぞれ、燃料ガス入口マニホールド、燃料ガス出口マニホールド、酸化剤ガス出口マニホールド、酸化剤ガス入口マニホールドであり、5, 6は、冷却水入口マニホールドおよび冷却水出口マニホールドである。燃料ガスは、燃料ガス入口マニホールド1より導入され、背面に設けられた燃料ガスの通流路を上部から下部へと流れて燃料ガス出口マニホールドより排出される。一方、酸化剤ガスは、図5に示したごとく膜電極接合体14および拡散層15を介してこのアノード側セパレータ16Aに相対して配置されたカソード側セパレータ17のガス通流路へと酸化剤ガス入口マニホールド4より導入され、燃料ガスの流れに対向して、下部より上部へと流れて酸化剤ガス出口マニホールド3より排出される。

【0016】本実施例の特徴は冷却水通流路の構成にあり、冷却水が、端部の燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍を通流したのち、セパレータの中央部を通流して排出されるように形成されている点にある。すなわち、本冷却水通流路の構成においては、図1に見られるように、下部の冷却水入口マニホールド5より導入された冷却水は、まず下部の燃料ガスの出口近傍(同時に酸化剤ガスの入口近傍)のリブ9の間に形成されたガス通流溝8の中を流れ、ついで上部の燃料ガスの入口近傍(同時に酸化剤ガスの出口近傍)のガス通流溝8の中を流れ、その後中央部を通流し、冷却水出口マニホールド6より外部へ排出されるよう構成されている。

【0017】本構成では、未だ温度の低い冷却水が端部の燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の近傍を通流し、温度の上昇した冷却水がセパレータの中央部を通流することとなるので、中央部の温度がガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなる。このように温度が高くなると飽和水蒸気量が高まり結露が抑制される。したがって、対向流方式によって電池反応が活発となる中央部での結露が抑制され、濡れ状態への移行が緩和され、優れた電池特性が得られる。

<実施例2>図2は、本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第2の実施例に組み込まれたセパレータの冷却水通流路の構成を示す平面図で、アノード側セパレータ16Bのガス通流路の裏面に備えられた冷却水通流路の形態を示すものである。

【0018】本実施例の構成は、冷却水をアノード側セパレータ16Bの上部および下部にのみ流し、中央部は伝熱により冷却させるとの考え方に基づくものである。すなわち、下部の冷却水入口マニホールド5より導入された冷却水は、下部のガス通流溝8を流れたのち左右の端部の流路を通して上部のガス通流溝8へと送られ、冷却水出口マニホールド6より外部へと排出される。

【0019】本構成においても、実施例1と同様に、中央部の温度が高くなり、飽和水蒸気量が高まり結露が抑制される。したがって、濡れ状態への移行が緩和され、優れた電池特性が得られる。

【0020】なお、実施例1および2は、セパレータの中央部の温度が、端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなるように構成する本発明の第1の方策を実現する実施例を例示したものであり、本発明の構成はこれらの図示した実施例に限定されるものではなく、セパレータの中央部の温度が、端部に設けられた燃料ガスあるいは酸化剤ガスの入口部および出口部の温度に比べて高くなるように構成されるものであればよい。

<実施例3>図3は、本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第3の実施例に組み込まれたセパレータのガス通流路の構成を示す平面図で、カソード側セパレータ17

Aの酸化剤ガス通流路の形態を例示したものである。本図においても同一機能を備えた構成部品には同一符号が付されている。

【0021】本実施例の特徴は、セパレータのガス通流路を流れるガスの流速を、端部に比べて中央部が速くなるように構成した点にある。すなわち、本構成においては、図3に見られるように、燃料ガス入口マニホールド1より導入された燃料ガスは、まず入口側に並列に配された4本のガス通流溝10を流れた後、中央部に配された同一流路断面積を有する単一のガス通流溝10を流れ、ついで出口側に並列に配された4本のガス通流溝10を流れた後、燃料ガス出口マニホールド2より排出されるように構成されている。したがって本構成では、入口側および出口側に配された並列配置のガス通流溝10を流れる燃料ガスに比べて、中央部のガス通流溝10を流れる燃料ガスは4倍の速い流速を持つこととなる。このようにガスの流速を速くすれば、濡れ状態の進行により生じる水滴をガスの流れとともに除去することができるので、付着した水滴によるガス通流路の閉塞が回避される。

【0022】なお、入口側ならびに出口側においてもガス通流溝10を単一として流速を上げることも可能であるが、全体としての圧力損失が増大し、所要設備の容量を増大させる必要が生じるため、濡れ状態を生じる危険性のある部分のみ流速を上げて、全体の圧力損失の増大を抑えるよう配慮されている。

<実施例4>図4は、本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第4の実施例に組み込まれたセパレータのガス通流路の構成を示す平面図で、カソード側セパレータ17Bの酸化剤ガス通流路の形態を例示したものである。

【0023】本実施例も、実施例3と同様に、セパレータのガス通流路を流れる反応ガスの流速を、入口側や出口側に比べて中央部が速くなるように構成したガス通流路の構成例を示したもので、中央部に配したガス通流溝10の流路断面積を端部に比べて小さくしたものである。したがって、本実施例の構成においては、流路断面積に反比例して中央部のガス流速が大きくなることとなり、濡れ状態の進行により生じる水滴をガスの流れとともに除去することができる。圧力損失の過大化を避けるために、濡れ状態の進行の恐れのない入口側や出口側では大きな流路断面積を持つよう構成されている。

【0024】なお、実施例3および4は、セパレータのガス通流路を通流する反応ガスの流速を入口側や出口側に比べて中央部が速くなるように構成して水滴を除去する本発明の第2の方策を実現する実施例を例示したものであり、本発明の構成はこれらの図示した実施例に限定されるものではなく、セパレータのガス通流路を流れるガスの流速が入口側や出口側に比べて中央部が速くなるように構成されるものであればよい。

【0025】

【発明の効果】上記の実施例1において図1に示した形態の冷却水通流路を備え、かつ実施例3に示した形態のガス通流路を備えるセパレータを用いて対向流方式のセルを構成し、無加湿運転を行って電圧～電流特性を測定した結果を図6に示す。図において、Aの白抜き円で示した特性が上記構成のセルの特性であり、Bの黒円で示した特性は、図7に見られるような均一構成の冷却水通流路、ガス通流路を備えた従来のセパレータを用いたセルの特性である。

【0026】図に見られるように、従来のセパレータを用いたセルの場合には、電流密度の増大とともに電圧の急速な低下が見られたが、本発明に基づくセルでは高電流密度まで良好な特性を有することが確認された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第1の実施例に組み込まれたセパレータの冷却水通流路の構成を示す平面図

【図2】本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第2の実施例に組み込まれたセパレータの冷却水通流路の構成を示す平面図

【図3】本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第3の実施例に組み込まれたセパレータのガス通流路の構成を示す平面図

【図4】本発明の固体高分子電解質型燃料電池の第4の実施例に組み込まれたセパレータのガス通流路の構成を示す平面図

【図5】対向流方式としたセルを模式的に示す分解縦断面図

【図6】図1の構成のセパレータと図3の構成のセパレータを組み込んだセルの特性を従来のセルの特性と比較して示す特性図

【図7】一般的な固体高分子電解質型燃料電池の基本構成を示す分解斜視図

【図8】10個の小型セルを用いて行った対向流方式の無加湿運転における湿度分布測定試験の系統図

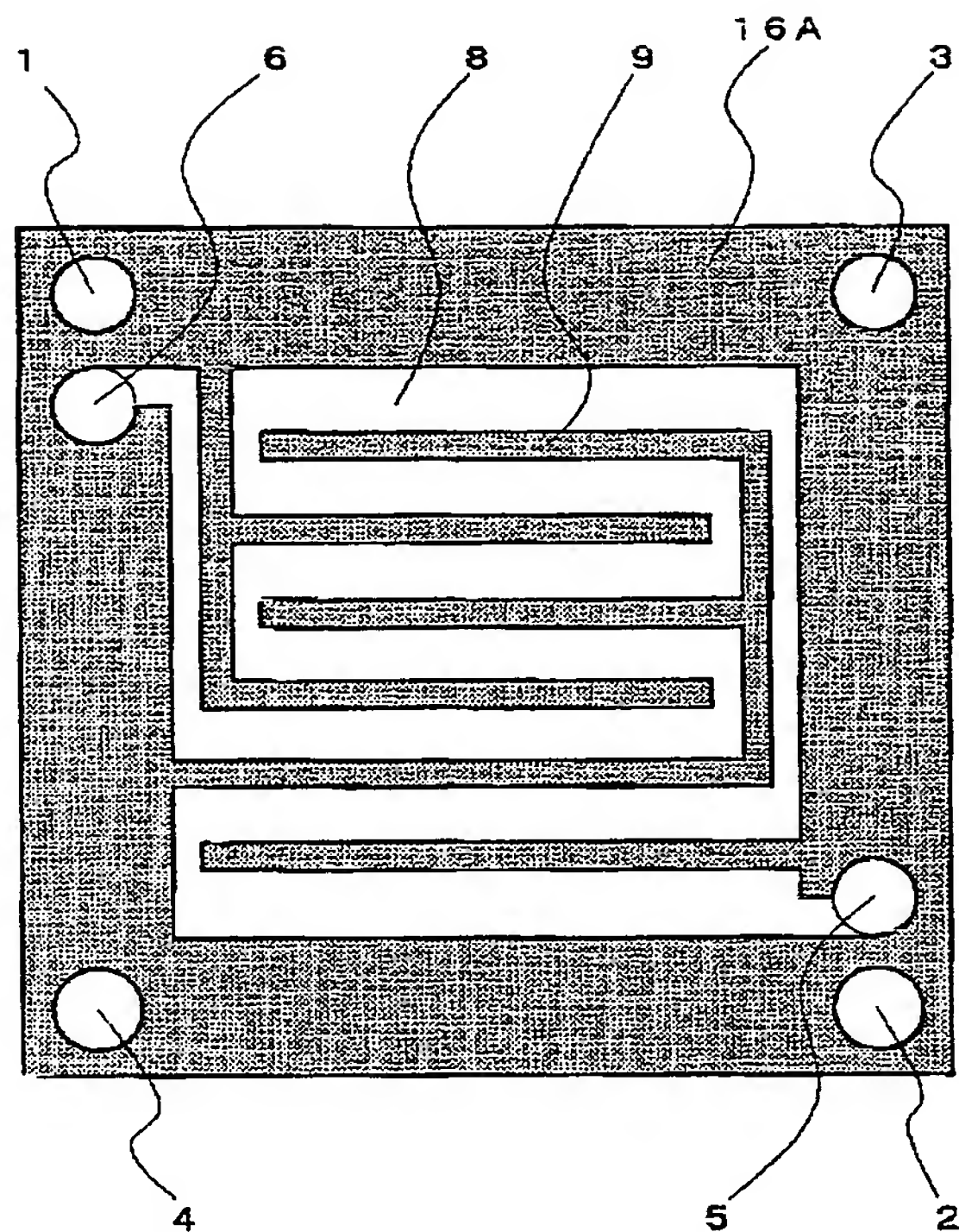
【符号の説明】

- | | |
|----|-----------------|
| 1 | 燃料ガス入口マニホールド |
| 2 | 燃料ガス出口マニホールド |
| 3 | 酸化剤ガス出口マニホールド |
| 4 | 酸化剤ガス入口マニホールド |
| 5 | 冷却水入口マニホールド |
| 6 | 冷却水出口マニホールド |
| 8 | ガス通流溝 |
| 9 | リブ |
| 10 | 冷却水通流溝 |
| 11 | リブ |
| 12 | 電解質膜（固体高分子電解質膜） |
| 13 | 電極 |
| 14 | 膜電極接合体 |
| 15 | 拡散層 |

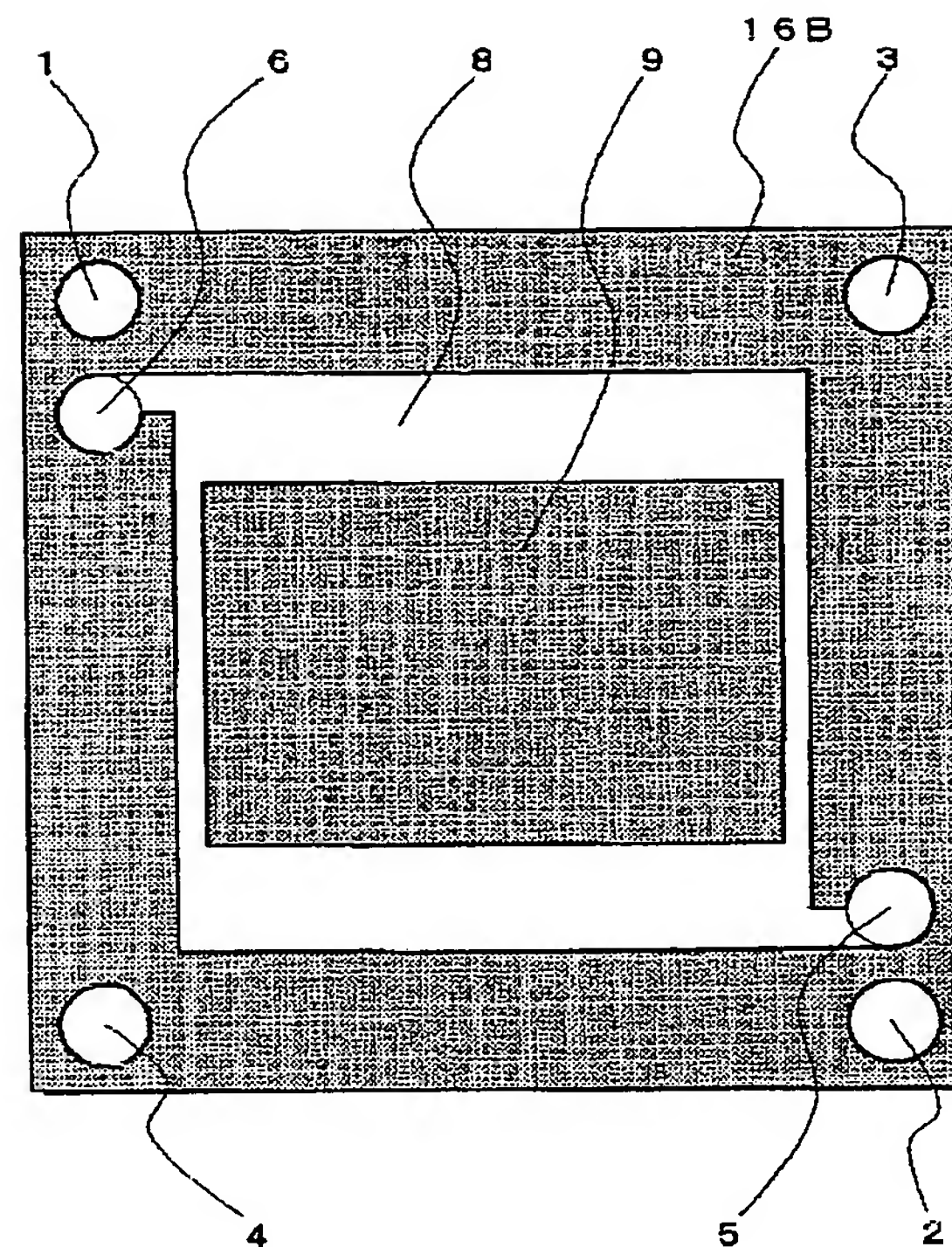
16 アノード側セパレータ
16A, 16B アノード側セパレータ

17 カソード側セパレータ
17A, 17B カソード側セパレータ

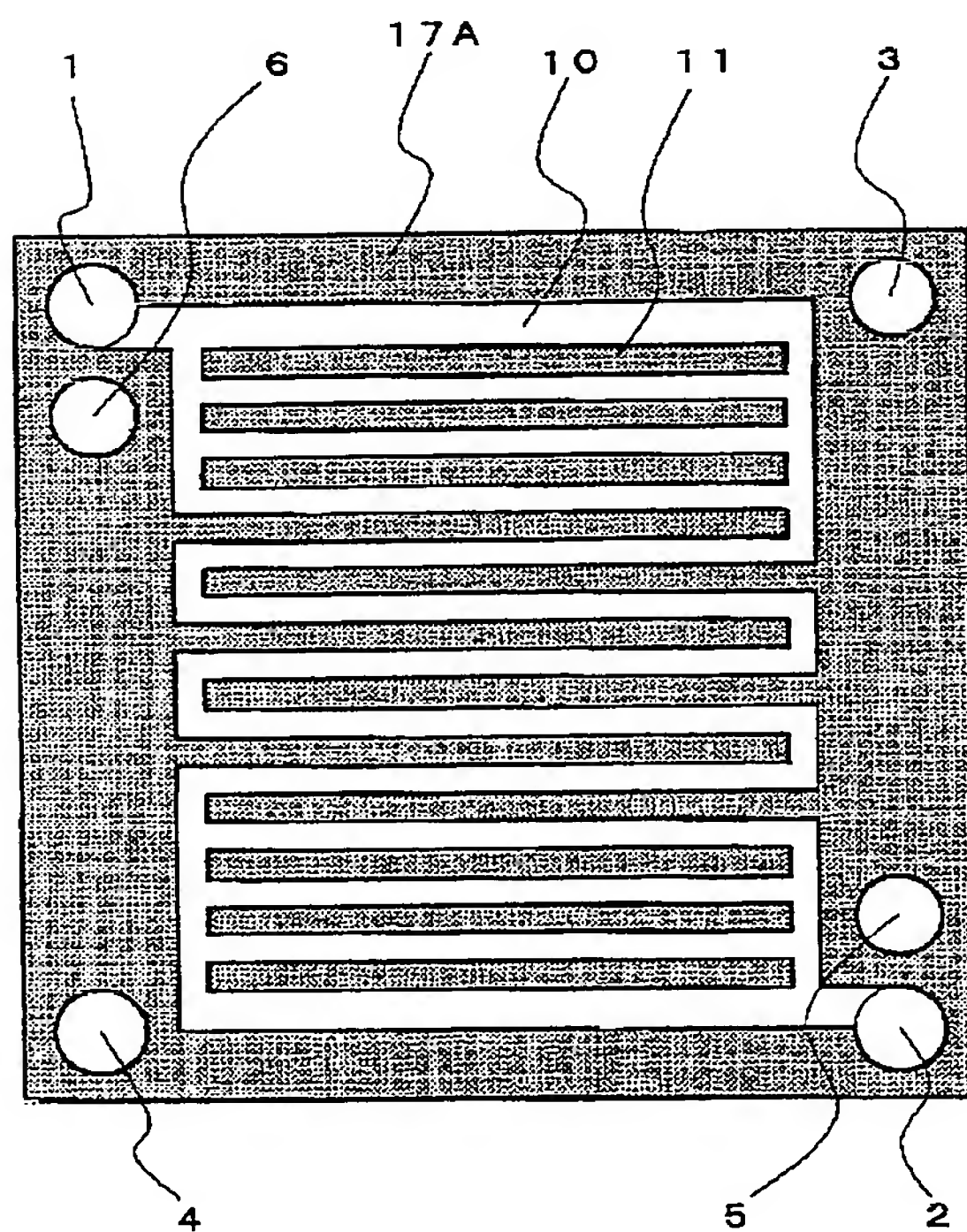
【図1】



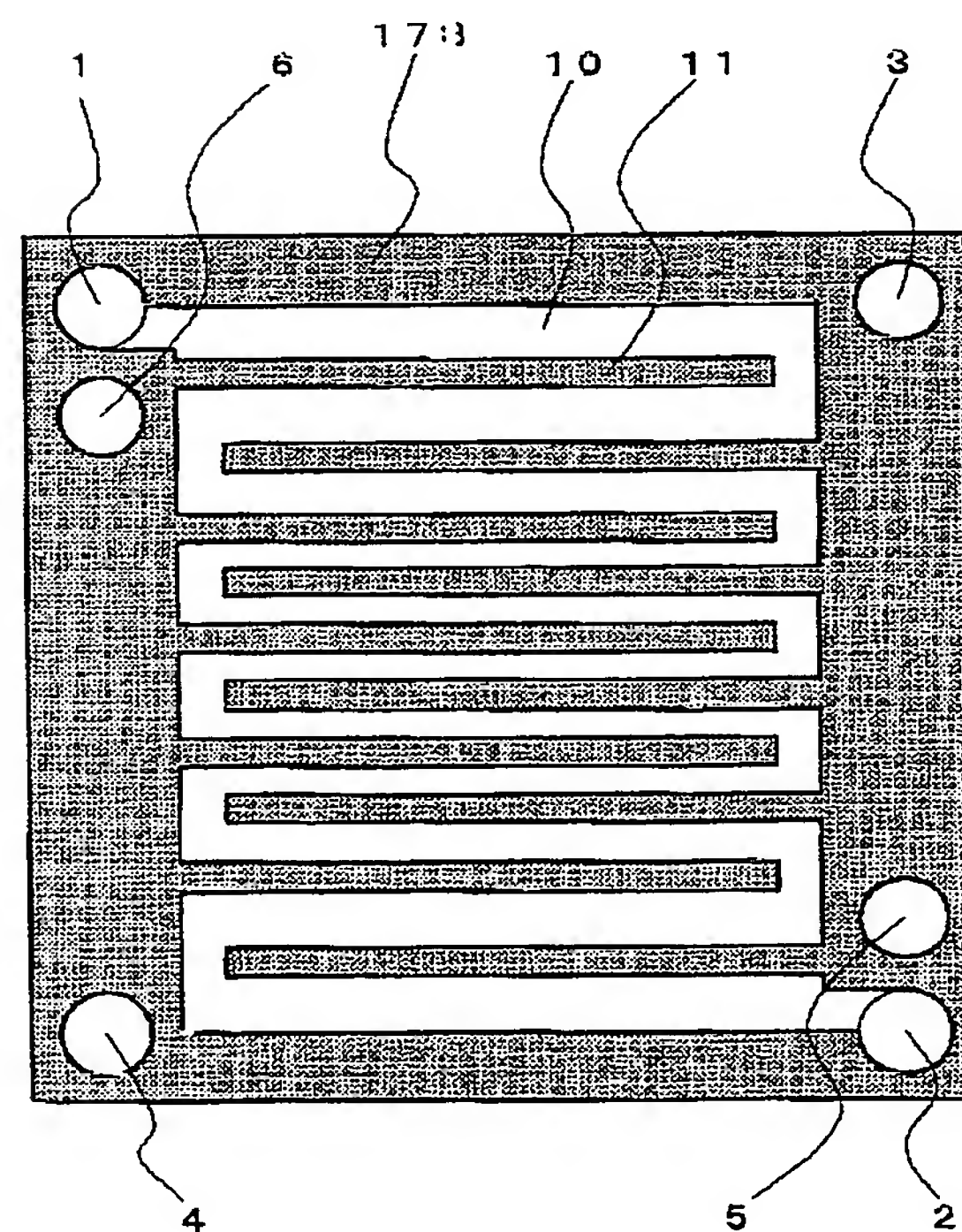
【図2】



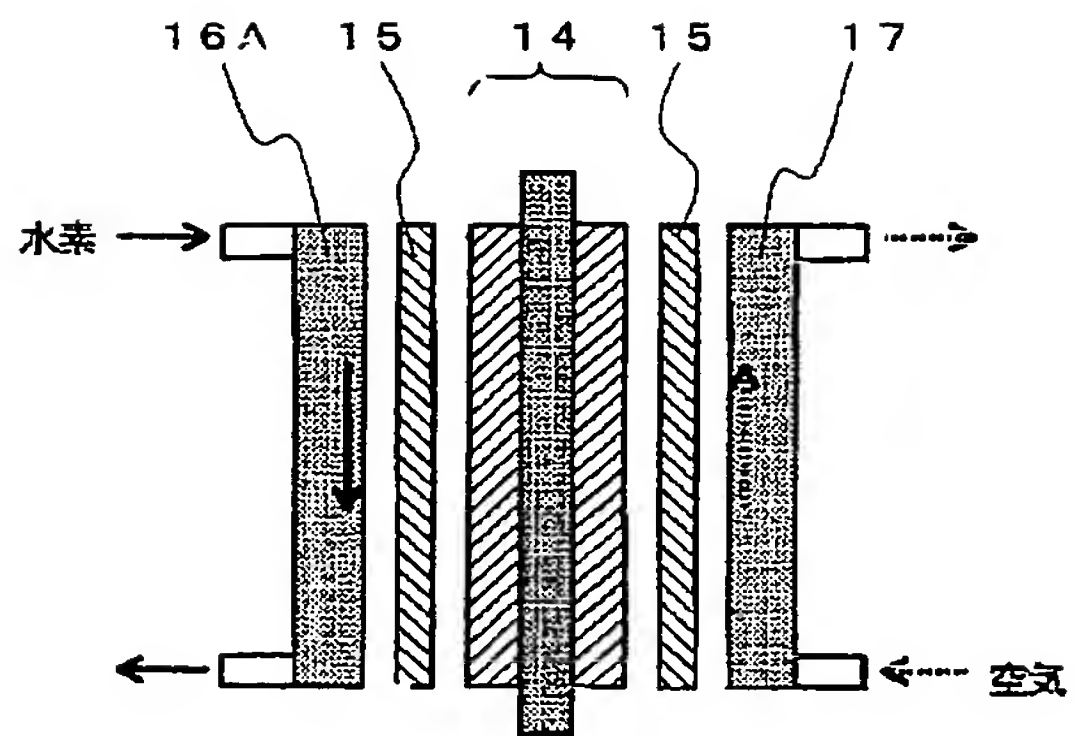
【図3】



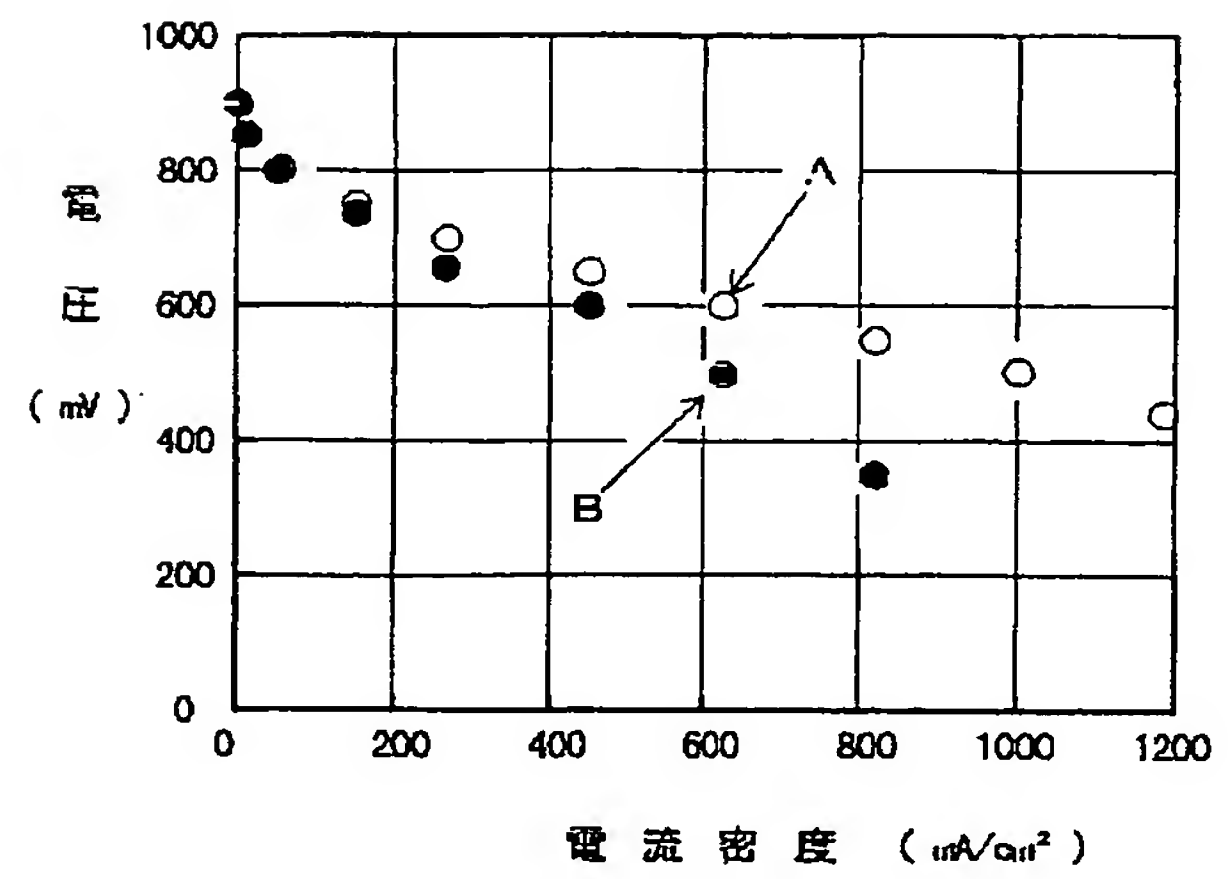
【図4】



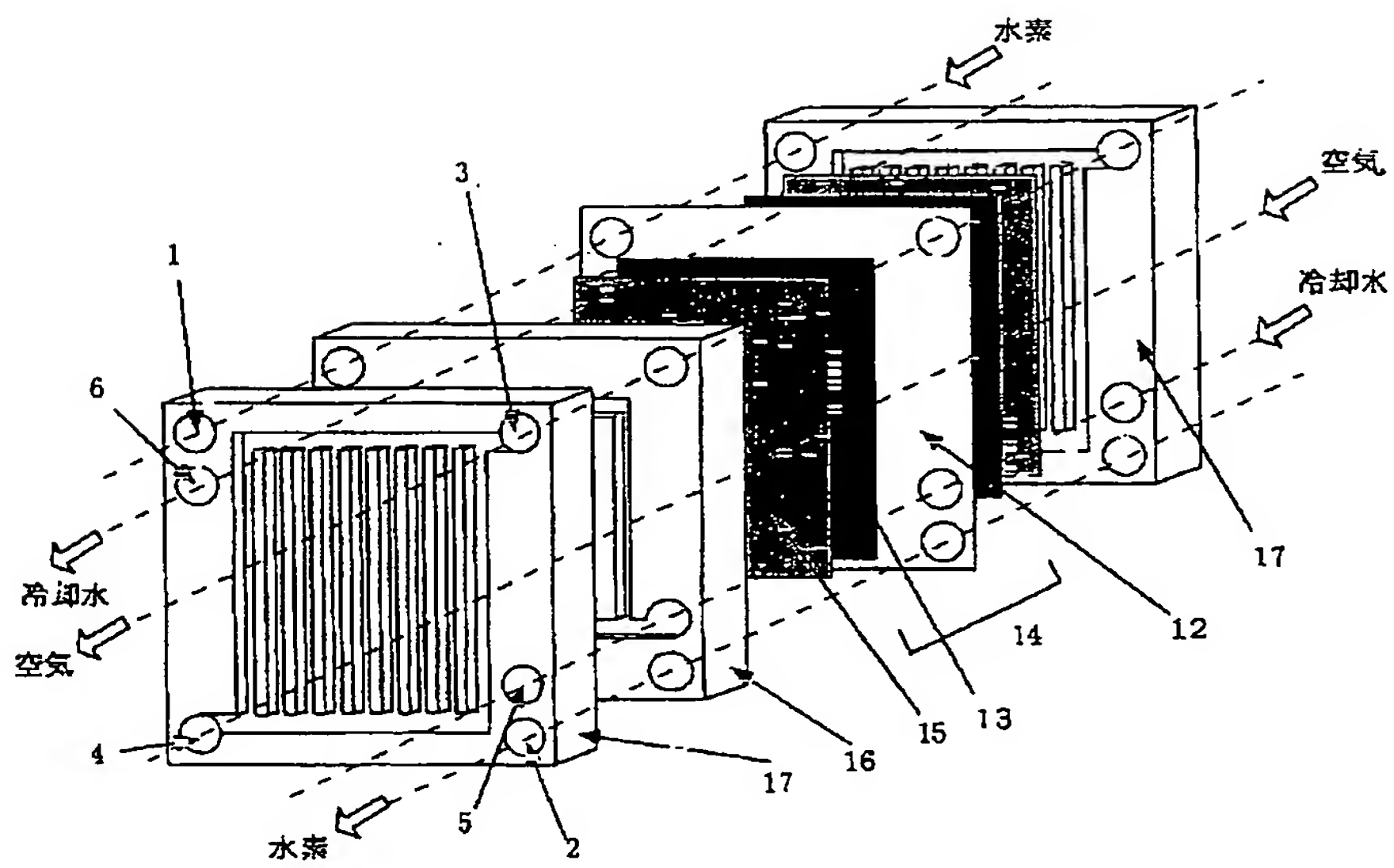
【図5】



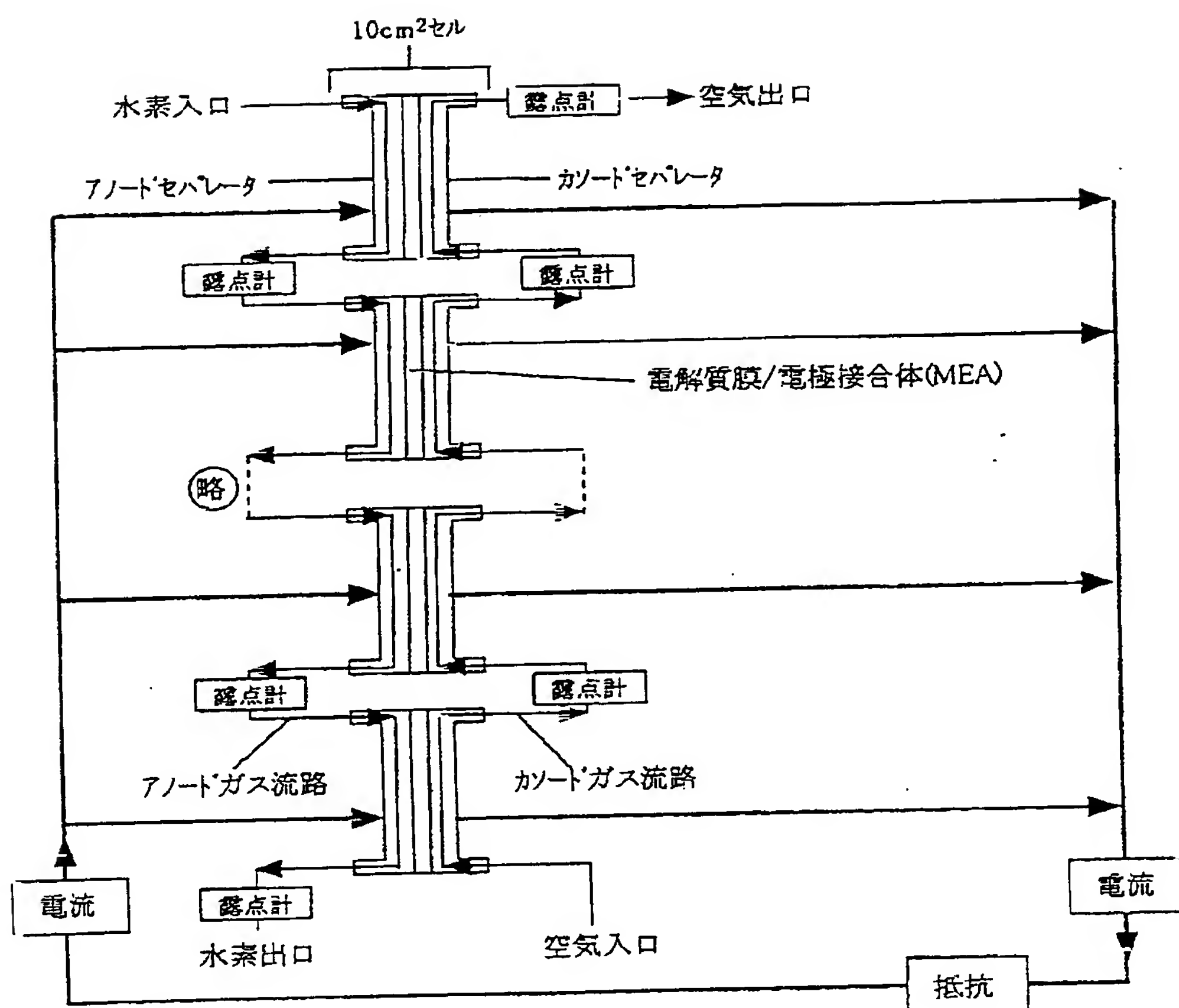
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE LEFT BLANK